

# 중국산과 국내산 바지락 종패의 생존율과 면역반응 비교

김승현<sup>1</sup>, 정희도<sup>2</sup>, 박경일<sup>1</sup>

<sup>1</sup>군산대학교 해양과학대학 해양생명응용과학부 수산생명의학전공, <sup>2</sup>국립수산과학원 갯벌연구센터

## Comparison of diseases and immune parameters in the imported and domestic juvenile Manila clams, *Ruditapes philippinarum* during a 10 month cultivation on the west coast of Korea

Seung-Hyeon Kim<sup>1</sup>, Hee-Do Jeung<sup>2</sup> and Kyung-Il Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Aquatic Life Medicine, College of Ocean Science and Technology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Republic of Korea

<sup>2</sup>Tidal Flat Research Center-National Institute of Fisheries Science, Gunsan, Jeonbuk 54001, Republic of Korea

### ABSTRACT

Owing to limited production of juveniles, Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) aquaculture in Korea has increasingly relied on imports of juvenile Manila clams from China. This study compared survival and physiological status of domestic and imported juvenile Manila clams. Domestic juvenile Manila clams were collected from Boryung, Chungnam Province, Korea, while imported juveniles were purchased from a trader who imported juvenile Manila clams. Clams of similar sizes were selected, and sown in clam cages installed in Gomsu Bay, on the west coast of Korea. The mortality rate, growth, infection, reproductive cycle, and physiological response were monitored monthly from April 2015 to February 2016. Higher mortality and low immune parameters with higher pathogen infection rate were observed for imported clams compared to domestic clams during the experiment. It was hypothesized that the high mortality and low physiological status of imported clams might be caused by high levels of stress during the long period of transportation. High level pathogen infection in imported clams suggests that quarantine procedures should be consolidated to prevent the import of new diseases to the seas around Korea.

**Key words:** *Ruditapes philippinarum*, disease infection, immune parameter, imported juvenile clam

### 서 론

우리나라의 대표적인 경제성 패류인 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)의 원산지는 동아시아 해역이나, 1930년대 미국 서부 해안으로 이식된 후 유럽과 그 외 지역으로 확산되어 현재는 북유럽, 동부 지중해 및 아프리카 북부 해안까지 서

식하는 것으로 알려져 있다 (FAO, 2017; CABI, 2018). 2017년 현재 전 세계 바지락 양식 생산량은 4,228,206 톤을 기록하고 있으며, 전 세계 바지락 양식 생산은 대부분 중국에서 이루어진 것으로써 2017년도에 4,177,913 톤을 생산하여 전 세계 생산량 중 98.90%를 차지하고 있다. 뒤이어 이탈리아, 한국, 미국 및 캐나다 등의 순서이다.

우리나라의 바지락 양식은 조간대가 발달된 서해안을 중심으로 조간대에 종패를 살포한 후 양성을 거쳐 수확하는 천해 양식 어업이 수행되고 있으며, 남해안에서는 조하대에서 형망 어업에 의한 바지락 채취가 주를 이루고 있다. 통계청 (KOSTAT, 2018)에 의하면, 우리나라의 바지락 생산량은 1970년 대 초 1만 톤에 불과하였으나 양식방법의 지속적인 발달과 더불어 급격히 증가하여 1980년 말에는 8만 톤 이상 생산하였다. 그러나 1990년대 초부터 급격히 생산량이 감소하기 시작하여 2013년에는 18,145 톤 생산에 머물렀으며, 2018년

Received: June 19, 2019; Revised: June 24, 2019; Accepted: June 29, 2019

Corresponding author: Kyung-il Park

Tel: +82 (63) 469-1882, e-mail: kipark@kunsan.ac.kr  
1225-3480/24729

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

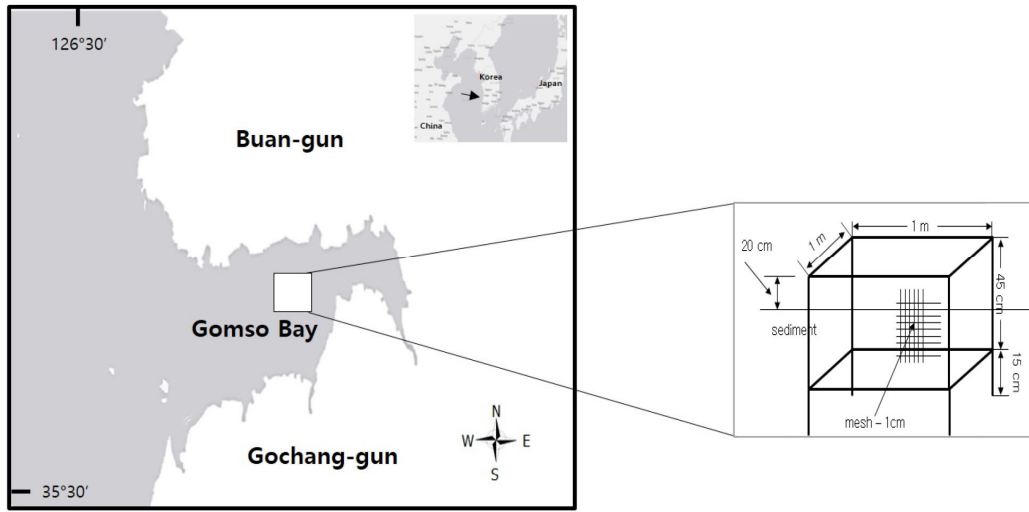


Fig. 1. A map of study area and clam culture cage used in the present study.

현재 19,853톤을 생산했다.

이러한 바지락 생산량의 하락은 해면어업의 생산량 변동에 의한 것 이라기보다는 천해양식어업 생산량의 급격한 감소에 의해 발생한 결과이다. 바지락 천해양식 생산량의 감소는 천해양식의 주요 생산지인 전북과 경기도 및 전남지역의 바지락 생산량이 급격히 감소하였기 때문이다. 이들 지역 바지락 생산의 급격한 감소는 갯벌매립으로 인한 서식지 면적의 감소와 이로 인한 치패 발생장의 감소 및 봄철과 여름철의 대량폐사 등에 의한 것으로 추정되고 있다 (NFRDI, 2011). 최근 Nam *et al.* (2018) 은 여름철 고수운기의 바지락 폐사에 원생생물인 *Perkinsus olseni*가 관련되어 있음을 밝힌 바 있어 질병은 바지락 폐사와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

이러한 생산량의 감소는 심각한 공급량의 부족을 유발하고 있으며, 이를 해결하기 위한 다량의 바지락이 수입되고 있다. 2008년부터 2018년 현재까지 매년 3-4만 톤의 활 바지락이 수입되고 있으며, 이러한 수입량은 국내에서 생산되고 있는 바지락 양식 생산량을 초과하는 양이다 (MOF, 2018). 더구나 바지락 수입은 직접 소비용인 성체뿐만 아니라 종묘용인 치패도 병행되고 있는 실정으로 2010년대 들어 매년 약 3,000-5,000 톤 정도의 치패가 국내로 유입되고 있다. 따라서 현재 우리나라에서 천해양식으로 생산되고 있는 바지락의 일부는 수입산 종패를 양성한 바지락이다. 그러므로 우리나라의 바지락 양식 산업은 대중국 의존도가 매우 높다. 우리나라의 바지락 종묘 생산이 활성화 되지 않은 이유는 생산기술의 낙후와 자연채묘지의 부족 등을 들 수 있으며, 이러한 현실은 바지락 어민들에게 있어 과도한 종패 구입비용의 지출로 이어져 바지락 양식업의 수익성 악화를 초래하고 있다. 국내 바지락 최

대 양식 단지로 알려진 전라북도 고창군 하전 어촌계의 따르면 2016년도에 바지락 종패 구입비로 약 100억 원 이상을 지출한 바 있다.

외국산 종패의 이식은 생물학적 관점에서 외래 유전자의 유입과 병리학적 관점에서 새로운 병원체의 유입을 고려할 수 있다 (Meyers, 1984; Mooney and Cleland, 2001). 그럼에도 불구하고 현 시점에서 중국산 종패의 수입은 경제적 관점에서의 중요성 때문에 지속될 것으로 판단되며, 따라서 바지락 양식이 서해안 갯벌에서 안정적인 소득 창출 품종으로 유지되기 위해서는 국내산 바지락과 중국산 바지락이 모두 성공적으로 양식을 할 수 있도록 생태·생리학적 특성을 기반으로 한 적합한 관리 기법이 개발되어야 할 필요성이 있다.

따라서 본 연구는 국내 바지락 종패 생산의 대표적 산지인 충남 보령산 종패와 중국산 종패를 대상으로 이들의 성장, 폐사율, 질병 감염 및 생리적 차이를 동일 조건에서 비교함으로써 중국산 종패와 국내산 종패의 효율적인 관리 기법 개발에 필요한 기초 자료를 제공함을 목적으로 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 개요 및 cage 설치

본 실험에 이용된 시료는 중국 다롄지방으로부터 전라북도 고창군 하전리 어촌계로 수입된 바지락과 충청남도 보령시 주교면에 위치한 어촌계에서 생산한 바지락을 이용하였다.

실험의 진행은 전라북도 고창군 하전리 바지락 양성장예 cage (1 m x 1 m) 8개를 설치하고 (Fig. 1), 서로 크기가 유사한 국내산 바지락과 중국산 바지락을 2015년 4월 11일 각

cage 당 500개체 씩 투입하여 각 집단별로 2,000개체씩 실험에 이용하였다. 2015년 4월 21일부터 2016년 2월까지 매 월 저조시 각 cage 별로 폐사 개체수를 계수하여 누적 폐사율을 조사하였으며, 같은 기간 동안 각 cage에서 10개체 (각 지역별 총 40개체) 의 바지락을 군산대학교 어패류기생충학 실험실로 옮겨 다음과 같은 실험을 진행하였다.

## 2. 국내산 바지락과 중국산 바지락의 성장

### 1) 성장

매 월 실험실로 옮겨온 국내산 바지락과 중국산 바지락을 대상으로 버니어캘리퍼스를 이용하여 0.01 mm 단위까지 각장 (shell length; mm), 각고 (shell height; mm), 각폭 (shell width; mm) 을 측정하였다. 습중량 (tissue wet weight; g) 은 바지락을 개각 후 표면에 묻어있는 물기를 제거하고 전자저울을 이용하여 0.01 g까지 측정하였으며, 패각 건중량 (shell weight; g) 은 실온에서 48시간 동안 건조한 후 0.01 g까지 측정하였다. 바지락 치패의 형태학적인 차이를 비교하기 위하여 패각의 각고:각장과 각폭:각장 비를 비교하였다.

### 2) 비만도

패각 용적대비 습중량 ( $\{ \text{tissue wet weight} / (\text{shell length} \times \text{shell height} \times \text{shell width}) \} \times 1000$ ) 으로 두 지역의 비만도를 계산하였다.

## 3. 국내산 바지락과 수입 바지락의 질병 조사

### 1) *P. olseni* 감염률 및 감염도

*P. olseni*는 RFTM (Ray's Fluid Thioglycollate Medium)-2 M NaOH법을 이용하여 진단과 정량을 실시하였다. 이를 위하여 연체부를 RFTM이 들어있는 15 mL tube에 투입하고, 암실의 25°C에서 15일 동안 배양하였으며 (Ray, 1966), 배양 후, 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상층액을 제거하였다. Choi *et al.* (1989) 의 방법에 따라 2 M NaOH 용액을 5 mL 첨가하고 30분간 50°C에서 배양함으로써 바지락의 연체부를 분해하였다. RFTM 배지를 원심 분리 (2000 rpm, 5min, 2회) 하여 상층액을 다시 제거하였으며, 여과해수를 이용하여 3-4회 수세 작업을 실시하였다. *P. olseni* 휴면포자는 혈구계수관 (Marienfeld, Germany) 을 이용하여 정량하였다. 휴면포자의 계수방법은 계수관 위의 0.1 mm<sup>3</sup> 이내의 영역에 10-100 cell이 포함되도록 농도를 조절하였으며, 한 시료 당 4회 반복 계수하여 최종 세포 수를 계산하였다. *P. olseni* 진단 및 정량은 감염률 (%)과 감염도 (cells/g tissue wet weight, cells/clam)로 나타내었다.

### 2) 병리조직학적 관찰 및 생식주기

국내산 바지락과 중국산 바지락 20개체의 연체부를 Davidson's fixative에서 48시간 동안 고정하였으며, 이를 70% Ethanol로 치환시켰다. 이후, 조직 처리기 (LEICA TP1010) 와 포매기 (LEICA EG 1160) 를 이용하여 paraffin block에 embedding하였으며, paraffin block은 5  $\mu$ m 두께로 박절하였다. 절편은 Mayer's hemaotoxin과 eosin (H&E) 으로 염색하였다. 완성된 조직 절편은 광학 현미경 (BX43, Olympus) 하에서 소화맹낭, 외투막, 생식소 및 아가미 등을 대상으로 병리조직학적 특성 및 생식주기를 조사하였다.

병리조직학적 관찰은 기생생물의 감염 유무를 조사하고, 감염률 (%) 을 측정하였으며, 생식소 발달단계는 초기성숙 (early developing stage), 후기성숙 (late developing stage), 완전성숙 (ripe stage), 부분산란 (spawning state), 산란완료 (resting stage) 의 5단계로 구분하였으며, 각 단계의 출현 빈도를 측정하였다 (Chung *et al.*, 1994).

## 4. 면역반응

국내산 바지락과 중국산 바지락 각각 10개체의 후폐각근에서 혈림프액 1 mL씩을 채혈하였다. 채혈 후에는 혈구응집을 방지하기 위하여 얼음위에서 냉장 상태를 유지하였으며, 광학 현미경 (BX43, Olympus) 을 통해 혈구 상태를 확인하였다. 두 지역의 혈림프액을 통한 면역 지표 측정 방법은 다음과 같으며, 면역 반응 측정은 유세포 분석기를 이용하였다 (Gallius, Beckman Coulter, USA). 두 지역 간 면역 지표의 비교는 SPSS. 12.0.1 패키지의 T-test 또는 One-way ANOVA test 후, Duncan's의 사후분석으로 그룹 간 평균의 유의성을 95%의 신뢰수준에서 확인하였다.

### 1) Phagocytosis

두 지역의 바지락에 대한 식세포 능력을 조사하기 위하여 채혈한 혈림프액 100  $\mu$ L와 30  $\mu$ L의 FITC로 코팅된 형광 bead (working solution = 1.5 mL sea water + 30  $\mu$ L stock solution, Ployscience, USA) 를 혼합하고 실온에서 1 시간동안 반응시켰다. 식세포율 (%) 의 측정은 flow cytometer를 이용하였다. 분석은 FSC와 SSC를 plotting 하여 식세포 중인 혈구의 FL1 값을 측정하여 혈구세포 중 2개 이상의 형광 bead를 섭취한 혈구세포의 수를 phagocytic index (%) 로 표현하였다 (Park *et al.*, 2006)

### 2) Nitric oxide (NO)

Nam *et al.* (2013) 의 DAF assay에 따라 혈림프액 80  $\mu$ L, 100  $\mu$ L의 marine saline (MS, 12 mM CaCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 11 mM KCl, 26 mM MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 45 mM Tris-HCl,

6.45 mM NaCl, pH 7.4) 및 DAF working solution (2.5 mM) 을 실온에서 10분간 반응 후, flow cytometer를 이용하여 형광량을 측정하였다. NO 정량은 FSC와 SSC을 이용하여 혈구 세포를 선택한 후, FL1 값을 비교하였다.

**3) Apoptosis & Necrosis**

Apoptosis (세포예정사율) 와 necrosis (세포괴사) 는 Annexin V-FITC apoptosis detection kit (BD science, USA)를 이용하여 측정하였다. 이를 위하여 채혈된 혈림프액 100 μL와 10 μL의 PI mixture (FITC conjugated Annexin V: Propidium = 1 : 1) 를 혼합하고 실온에서 15 분간 염색한 후, 10× binding buffer (0.1 M HEPES, pH 7.4; 1.4M NaCl; 25mM CaCl<sub>2</sub>) 를 첨가하였다. 혈구의 apoptosis와 necrosis는 flow cytometer를 이용하여 FSC와 SSC를 기준으로 혈구 세포만을 선택하였으며, 혈구 세포의 FL1과 FL3 측정하여 live, apoptosis, necrosis, dead cell 로 구분하고 각 비율을 산정하였다 (Park *et al.*, 2006).

**결 과**

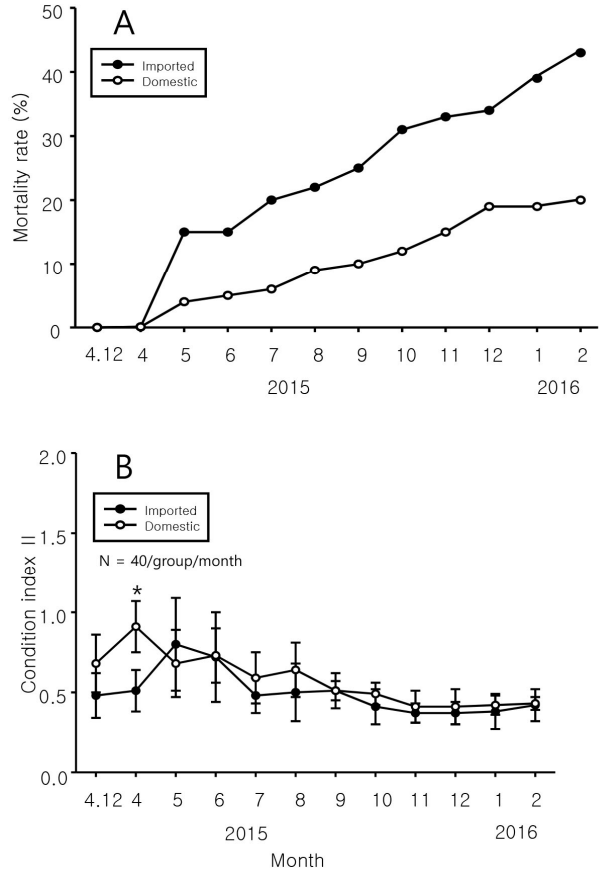
**1. 국내산 바지락과 중국산 바지락의 성장과 폐사**

**1) 누적폐사율**

국내산 바지락의 누적 폐사율은 2015년 5월에 4%였고, 실험 종료 시 22%를 나타냈다. 반면 중국산 바지락의 경우 2015년 5월에 17%를 기록하여 실험 초기에 높은 폐사율을 나타냈고, 이와 같은 경향이 지속되어 실험 종료 시 누적폐사율은 2.5배가 증가한 43%를 기록하였다 (Fig. 2-A).

**2) 성장**

실험 초기 두 집단의 각장 (중국산: 26.98 ± 1.71 mm, 국내산: 26.77 ± 1.75 mm) 은 서로 유사한 크기였으며, 실험 종료 시에도 두 집단의 각장은 중국산 바지락 36.45 ± 2.36 mm 과 국내산 바지락 39.06 ± 1.86 mm으로써 유의한 차이가 없었다 (Fig. 3-A). 국내산의 각고는 입식당시 18.21 ± 1.32 mm였으며, 실험 종료 시 25.44 ± 3.16 mm였다. 중국산의 경우 입식당시 17.81 ± 1.46 mm였고, 종료 시에는 25.14 ± 4.3 mm였다. 두 집단 간 유의적 차이는 없었다 (Fig. 3-B). 각폭 역시 두 집단 간 서로 유사한 크기 (국내산: 11.72 ± 0.83 mm, 중국산: 10.57 ± 1.36 mm) 였으며, 실험 종료 시에도 서로 유사하였다 (국내산: 17.31 ± 1.99 mm, 중국산: 16.06 ± 1.79 mm) (Fig. 3-C). 폐각 건중량은 폐각의 크기와 유사하게 두 집단 간 차이가 없었다 (Fig. 3-D). 평균 습중량은 입식 당시 중국산이 0.79 ± 0.39 g였으며, 국내산은 1.34 ± 0.39 g으로 국내산 바지락이 높았으나 통계적 유의성은 없



**Fig. 2.** Cumulative mortality (A) and monthly CI variations (B) of imported and domestic juvenile Manila clams.

었다. 실험 종료 시에도 두 집단은 서로 유사한 습중량을 나타냈다 (Fig. 3-E). 각폭:각장의 비는 통계적 유의성은 없었으나 입식 초기 중국산 바지락이 국내산 바지락에 비해 낮았으며, 실험 종료 시에도 동일한 경향이 관찰되었다 (Fig. 3-F).

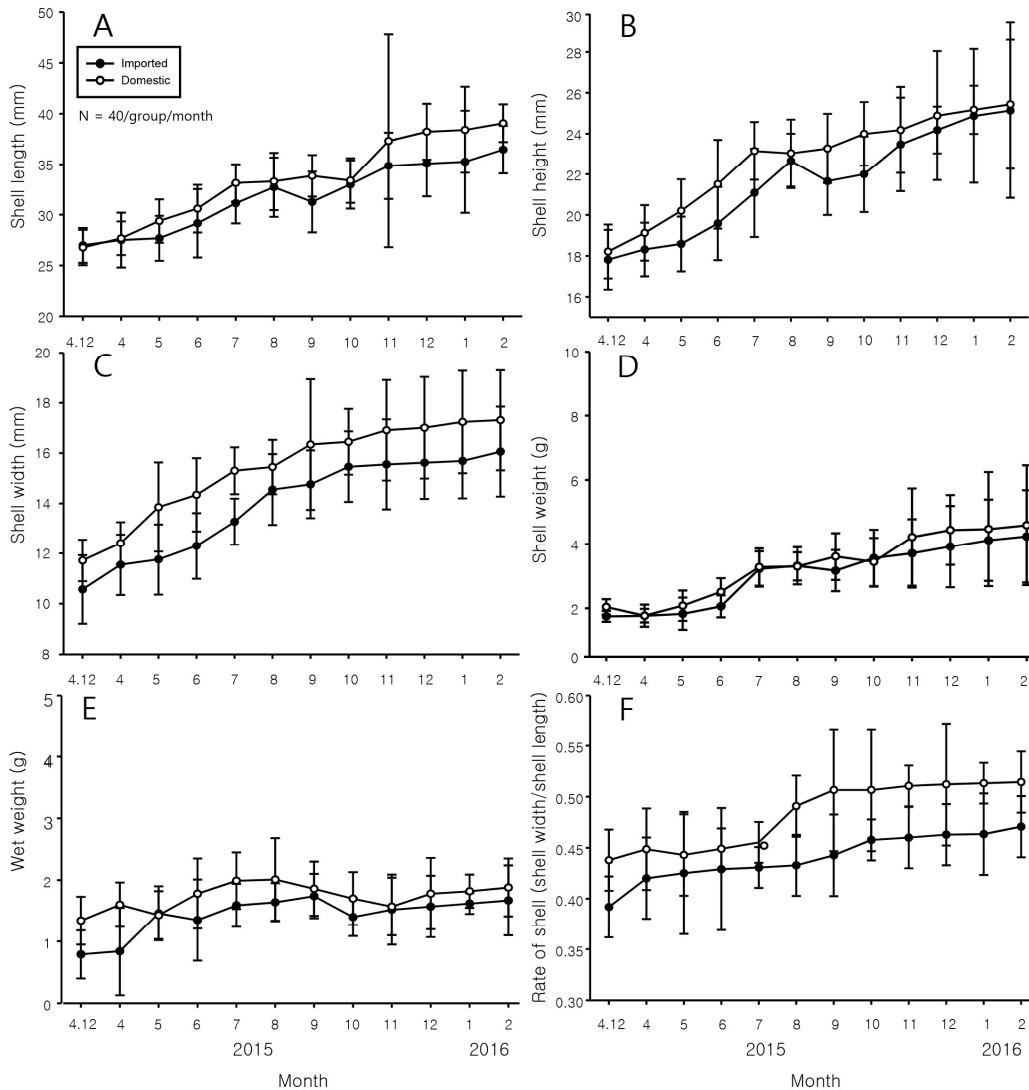
**3) 비만도**

비만도는 입식당시 국내산 바지락이 중국산 바지락에 비해 높았으나, 5월 이후 서로 유사하였다 (Fig. 2-B).

**2. 국내산 바지락과 중국산 바지락의 질병조사**

**1) P. olseni 감염율 및 감염도**

실험 전 기간 동안 국내산 바지락과 중국산 바지락의 P. olseni 감염율 65-85%으로서 두 집단이 유사하였다 (Fig. 4-A), 그러나 감염도는 이식 초기에 중국산 바지락은 4.8 ± 2.75 10<sup>5</sup> cell/clam였고, 국내산 바지락은 2.1 ± 0.80 10<sup>5</sup> cell/clam이어서 비슷한 수치를 나타냈으나 중국산은 이후 급격히 증가하여 8월에 15.44 ± 3.12 10<sup>5</sup> cell/clam기록함으로써



**Fig. 3.** Monthly clam growth and shell width : shell length ratio of imported and domestic juvenile Manila clams. shell length (A), shell height (B), shell width (C), shell weight (D) and wet weight growth (E), shell width : shell length ratio (F).

최고 감염도를 나타냈고, 이후 점차 감소하여 실험 종료 시  $10.88 \pm 3.46 \times 10^5$  cell/clam를 나타냈다. 국내산 바지락의 경우 전 실험 기간 동안 계절적 변화는 나타나지 않았으며, 약  $4.5 \pm 1.5 \times 10^5$  cell/clam 나타냈다 (Fig. 4-B).

**2) 병리조직학적 관찰 및 생식주기**

병리조직학적 관찰 결과, 중국산 바지락의 생식소에서 중 미상의 유미유충 포함하고 있는 포자낭 (sporocyst) 가 다수 발견되었다 (Fig. 5). 이러한 sporocyst의 감염은 4월부터 관찰되었으며, 6월에 가장 높은 감염율 (30%) 을 나타냈고, 9월 이

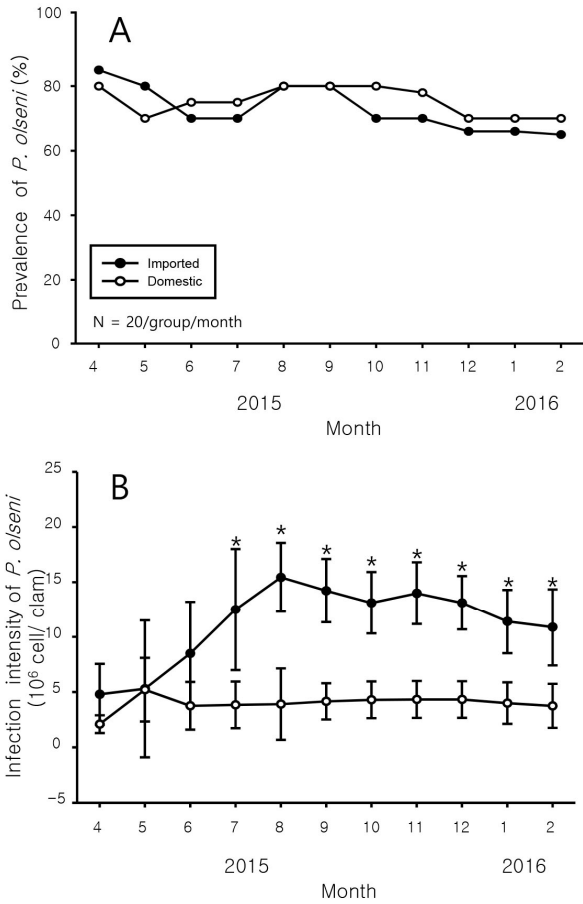
후 관찰되지 않았다 (Fig. 6). 반면 국내산 바지락은 5월에만 sporocyst의 감염이 확인되었으며, 이 때 감염율은 7%였다.

두 지역 간 생식주기를 조사한 결과 중국산 바지락의 생식 세포 발달은 충청산에 비해 늦어 산란 시기는 7월부터 시작된 반면 충청산의 경우 5월부터 시작되었다 (Fig. 7).

**3. 면역반응**

**1) Phagocytosis**

Phagocytosis rate (%) 을 조사한 결과 입식 당시에는 중국산 바지락이 국내산 바지락에 비하여 식세포 능력이 높았으



**Fig. 4.** Monthly variations of the infection rates (%) (A) and infection intensities (B) of *P. olsenii* in imported and domestic juvenile Manila clams.

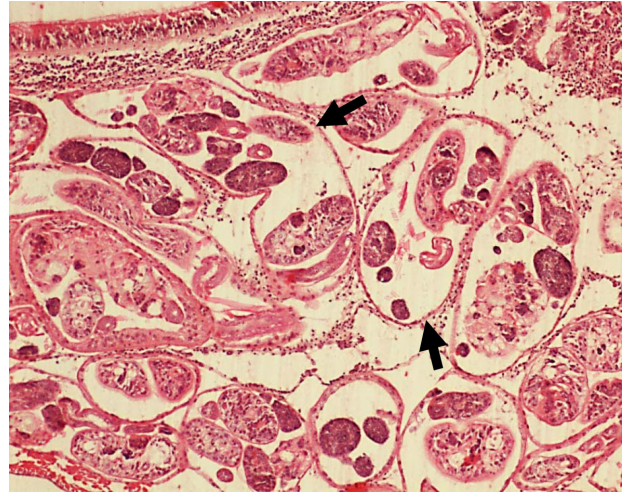
나, 이후 여름철을 기점으로 중국산 바지락보다 국내산 바지락이 유의하게 높았다 (Fig. 8-A).

**2) NO**

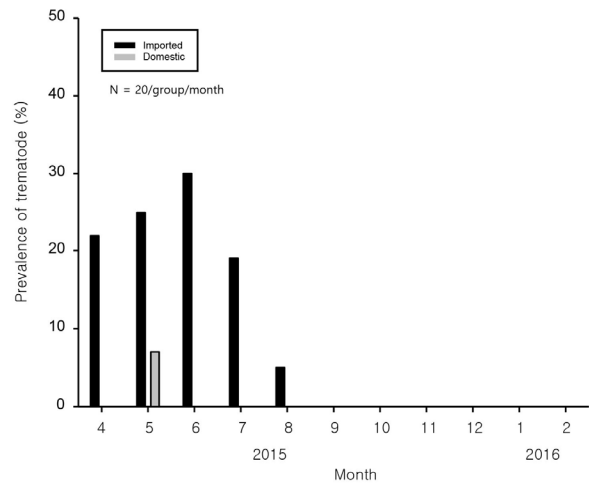
입식 당시 중국산 바지락의 NO가 충청산에 비하여 높은 경향을 보였다. 이후 두 집단 간 차이는 미미하였으나 여름철을 기점으로 중국산 바지락이 국내산 바지락에 비해 다시 높아져 동절기에는 중국산의 NO가 현저히 높은 값을 나타냈다 (Fig. 8-B).

**3) Apoptosis and Necrosis**

대부분 조사기간의 두 집단 간 apoptosis 값 (%)은 유의한 차이를 나타내지 않았으나 미미하지만 중국산 바지락이 높은 값을 나타냈다 (Fig. 8-C). Necrosis의 경우 두 지역 간 유사한 결과를 나타냈다 (Fig. 8-D).



**Fig. 5.** Histological observation of trematode (sporocysts) in imported juvenile Manila clams.



**Fig. 6.** Monthly variations of the infection rates (%) of trematode in imported and domestic juvenile Manila clams.

**고 찰**

본 연구를 통하여 중국산 바지락과 국내산 바지락은 유사한 크기에서 사육이 시작되었으며, 동일한 환경에서 양식되었음에도 불구하고 양식과정에서 측정된 다양한 항목에서 차이를 나타냈다. 조사항목 중 폐사율은 중국산 바지락이 국내산 바지락에 비하여 높은 것으로 나타났다. 안 등 (2016) 은 본 연구와 동일 해역인 곰소만에서 중국산과 국내산 치패의 성장과 비만도 및 폐사율을 비교한 결과 이식 초기의 채집 후 실험지역으로 수송기간이 길었던 중국산 바지락에서 실험 초기에 대량의 폐사가 발생하였음을 보고하였다. 본 연구 결과도 이와 매우

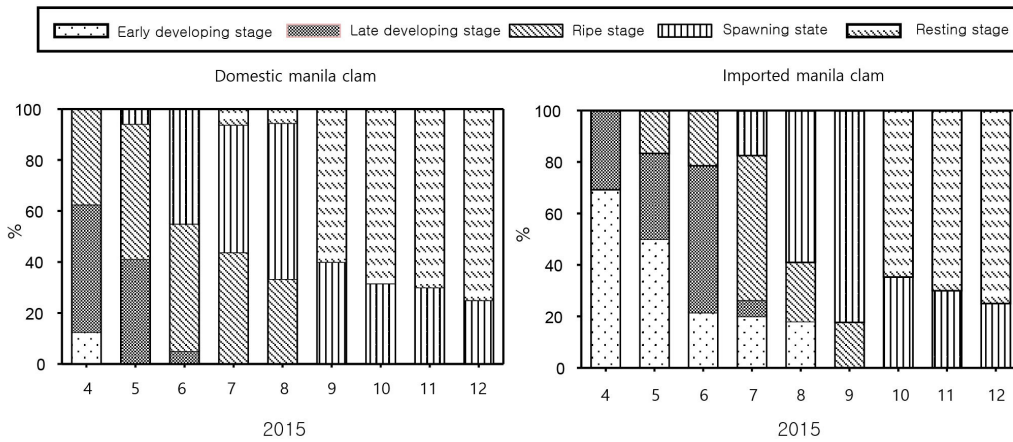


Fig. 7. Monthly variations of reproductive cycle of imported and domestic juvenile Manila clams.

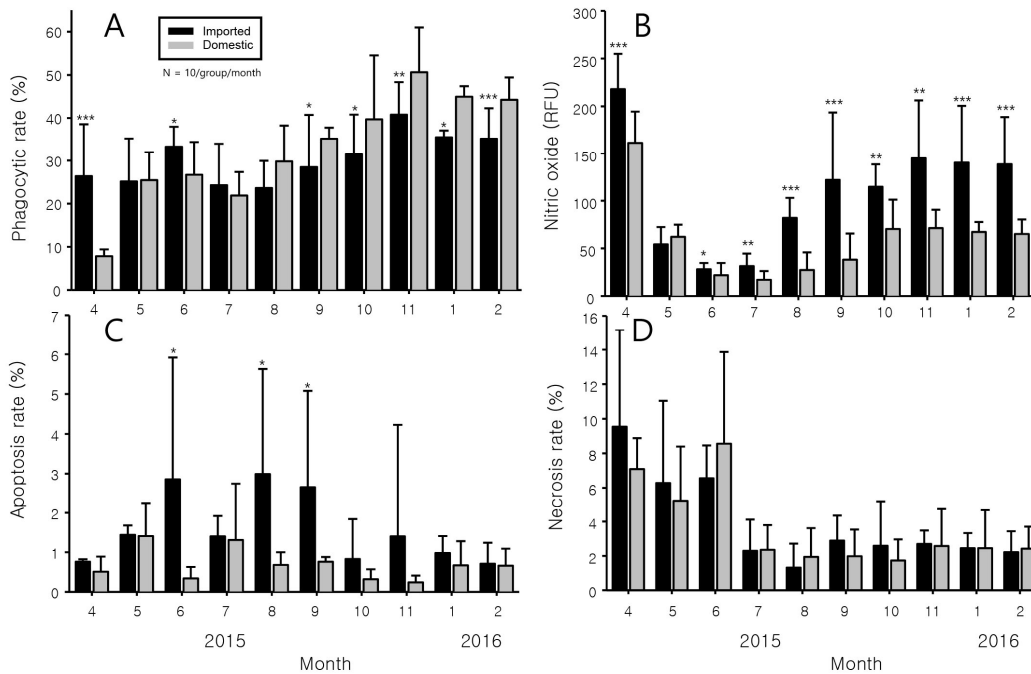


Fig. 8. Monthly variation of immune factor of imported and domestic juvenile Manila clams including phagocytosis (A), nitric oxide (B), apoptosis rate (C) and necrosis rate (D)

유사하여 이식 1개월 후 중국산에서는 15%의 폐사율이 발생한 반면 충청산의 경우 4%에 불과하였으며, 이후 두 집단의 폐사율은 서로 유사한 패턴을 보여 실험 종료 시의 누적폐사율은 중국산이 43%, 충청산은 22%를 나타냈다. Wingerter *et al.* (2013) 에 의하면 살아있는 패류는 이송 시 공기 중 노출, 삼투압 급변, 채집 과정과 채집 후 타 개체와의 상호반응 등에서의 생리적 손상, 운반 시 온도 변화, 암모니아 독성, 물리적 상처 등이 유발될 수 있음을 지적하였다. Park (2013) 의 연

구결과 역시 바지락 성체에 흔들림 자극을 주었을 때 바지락 혈림프액의 일산화질소 (nitric oxide) 농도를 상승시킴을 보고하였다. 따라서 이러한 사실은 수송과정에서 패류의 생리적 반응은 매우 민감하게 발생할 수 있음을 의미한다. 따라서 중국산 종패의 생존율을 높이기 위해서는 이식을 위한 수입 검역 시 검역기간의 최소화와 운송 방법 등의 개선을 위한 수출업자, 검역 당국, 패류 수입업자 및 패류 연구자간 적극적인 정보 교환이 필요한 것으로 판단된다.

Park *et al.* (2014) 는 국내에 불법으로 이식한 중국산 바지락에 의한 생태학적 교란을 최소화하고자 중국산 바지락과 국내산 바지락을 대상으로 유전자 분석을 실시한 결과 두 바지락 집단은 유전적으로 명확하게 구분이 된다고 보고하였다. 이러한 유전자의 차이는 두 집단의 성장이나 질병 내성의 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 본 연구에서 나타난 국내산과 수입산 종패의 다양한 병리학적·생리학적 차이는 유전적 차이에 의해 유발되었을 가능성도 있는 것으로 판단되며, 이에 대한 심도 있는 추가 연구가 요망된다.

수입 수산물 중 종패의 이식은 종패를 수서 환경에 방출 후 일정기간동안 우리나라 해역에서 양식해야하기 때문에 이 과정에서 외래 병원체의 국내 유입의 우려가 있다. 특히 여과섭식자인 패류의 경우 바이러스트부터 기생충까지 다양한 병원체의 보균자로서 패류뿐만 아니라 어류의 질병을 전염시킬 수 있어 그 위험성이 높다 (Meyers, 1984). 이와 같은 위험성에도 불구하고 현재 수산생물질병관리법에 의한 패류의 검역대상 전염병은 6종 (*Bonamia Ostreae*, *Bonamia exitiosa*, *Marteilia refringens*, *Perkinsus marinus*, *Xenohaliotis californiensis*, Abalone viral mortality) 에 그치고 있어 패류 종패 이식에 의한 병원체 유입을 방지하기 위한 대책은 미미한 실정이다.

현재까지 중국에서 보고된 바지락 내 감염 병원체는 약 10

여 종 미만으로 중국 현지의 바지락 질병 연구는 활성화 되고 있지 못한 실정이다. 그럼에도 불구하고 *Marteilia refringens*과 *Haplosporidium nelsoni*가 중국산 바지락 내에서 검출된 바 있다 (谢丽基 *et al.*, 2012). *M. refringens*는 국제동물보건기구 (OIE) 지정 질병으로서 전염성과 위해성이 매우 높은 병원체이며 (OIE, 2018), *H. nelsoni*는 미국산 대서양굴 *Crassostrea virginica*의 대량폐사를 유발하는 MSX (multi-nucleated parasite unknown) 의 원인체이다 (Azevedo *et al.*, 2003). 따라서 이러한 고 위험 병원체의 중국 내 검출은 우리해역 내 감염확산으로 진행될 가능성이 있으므로 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 또한 본 연구에서 중국산 치패로부터 유미유충 (cercaria) 이 검출되었으며, 이들은 4월부터 8월까지 확인되었다. 이후에는 불 검출되었는데 이러한 현상은 유미유충이 피낭유충으로의 전환을 위하여 수계로 탈출하였음을 의미한다. 흡충류의 감염은 주로 암컷의 난소에서 발생되며, 감염으로 인하여 생식소 발달을 저해한다고 보고되고 있음을 감안할 때 (Park *et al.*, 2008, Ngo and Choi, 2004, Kevin and Kuris, 2009), 이러한 흡충류의 감염은 국내 바지락의 가입량을 저해하는 결과를 초래할 수 있다. 현재까지 국내에는 *Cercaria tepetis*, *Upogebia major*, *Parvatrema timondavidi* 등이 바지락에서 발견되었으며 (김과 진, 1983; Yuet *et al.*, 1993; Foster, 2012; 홍, 2013;

**Table 1.** List of pathogens found in the Manila clam in China (adopted from National Fishery Products Quality Management Service, NFQS)

OIE-listed	Pathogen	Common name	Scientific name	Location	Year	Source
yes	Protozoan		<i>Perkinsus olseni</i>	Northern and eastern coast of the Yellow sea		Wu <i>et al.</i> , 2011
	Protozoan	MSX	<i>Haplosporidium nelsoni</i>		2006-2012	谢丽基 등, 2012
yes	Protozoan		<i>Marteilia refringens</i>		2006-2012	谢丽基 등, 2012
	Trematode		<i>Proctoeces orientalis</i>	Southeastern coast of China (Wuguan and Dongyu, Xiamen)	1989	Cao, 1989 曹华. 1990
	Trematode		<i>Cercaria elegans</i>			Chen, 1995
	Norovirus		16.44% infection rates	Bohai Bay		Ma <i>et al.</i> , 2013
	human enteric viruses	rotavirus(RV), adenovirus(AdV), poliovirus (PV), astrovirus(AsV)		All Chinese Coasts		Ming <i>et al.</i> , 2013

Ngo and Choi, 2004), 중국의 경우 Chen (1995) 이 바지락에서 흡충류 (*Cercaria elegans*) 의 감염을 보고한 바 있다. 따라서 중국과 우리나라 해역 모두 흡충류가 검출되기는 하나 본 연구에서 확인된 흡충의 분류학적 위치는 밝히지 못하였다 (Table. 1). 그러므로 중국산 수입 종패에 의한 신규 흡충의 국내 전파에 대한 가능성도 있으므로 이에 대한 추가 연구가 필요하다고 판단된다. 한편, *P. olseni*는 우리나라와 중국에서 널리 분포하는 패류 기생충이다 (Park and Choi 1997; Wu *et al.*, 2011). 본 실험에서도 중국산 바지락과 국내산 바지락에서 모두 이 기생충이 검출되었다. 그러나 흥미롭게도 이 병원체의 감염도는 이식초기에는 두 집단이 서로 비슷하였으나 7월부터 중국산 종패에서 급격히 증가하여 실험 종료 시까지 지속되었다. 이 같은 이유가 국내 해양환경이 중국에서 유래한 *P. olseni*의 증식에 적합하여 대량 증식한 것인지 아니면 국내 *P. olseni*가 중국산 종패로 침투한 후 급격히 증식한 것인지에 대해서도 심도 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결론적으로 본 연구에서 중국산 종패와 국내산 종패를 동일 조건에서 10개월 간 사육하면서 생리적, 병리적 특성을 비교한 결과 중국산 종패가 국내산 종패에 비해 폐사율이 높고 다양한 병원체가 유입될 가능성이 있음을 확인하였다. 이렇게 중국산 바지락 종패의 폐사율이 높은 이유는 수입 시 장기간의 수송 과정에서 유발된 스트레스로 추정되며, 이를 해소하기 위해서는 수송기간의 단축과 수송 방법의 개선을 통해 스트레스를 최소화하는 것이 중요한 것으로 판단되었다. 또한 다양한 국내 미보고 고위험 병원체가 수입 종패 이식 과정에서 유입될 가능성이 있는 것으로 나타났으며, 이에 대한 모니터링과 대책이 필요한 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구 논문은 국립수산물과학원 수산시험연구사업 (R2019008) 의 지원으로 이루어졌습니다.

## REFERENCES

- 谢丽基 谢芝勋 庞耀珊 刘加波 邓显文 谢志勤 范晴 罗思思 (2012) 中国沿海主要养殖贝类四种原虫病流行病学的调查研究. 基因组学与应用生物学, 2012年 第6期 559-566页, 共8页
- 曹华. (1990) 福建沿岸海产双壳类感染东方肛居吸虫研究. 应用海洋学学报 1990年第04期 (91-96)
- Ahn, H.M., Ki, H.J., Jeong, H.D., Lee, H.J., Han, H.K. Park, K.J., and Song, J.H. (2016) Comparison of growth, condition index and mortality rate between manila clam (*Ruditapes philippinarum*) spats originated from China (Liaoning Dandong) and Chungnam (Taean) in Gochang tidal flats. *Korean Journal of Malacology*, **32**(3): 175-184.
- Azevedo, C., Conchas, R.F., Montes, J (2003). Description of *Haplosporidium edule* n. sp. (Phylum Haplosporidia), a parasite of *Cerastoderma edule* (Mollusca, Bivalvia) with complex spore ornamentation. *European Journal of Protistology*, **39** (2): 161-167. doi:10.1078/0932-4739-00905.
- CABI, (2018) *Ruditapes philippinarum* (Japanese carpet shell). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/61697>
- Cao, H. (1989) Life cycle of *Proctoeces orientalis* sp. nov. in marine bivalves. *Acta Zoologica Sinica*, **35**(1): 58-65.
- Choi, K.S., Wilson, E.A., Lewis, D.N., Powell, E.N., Ray, S.M., (1989) The energetic cost of *Perkinsus marinus* parasitism in oysters: quantification of the thioglycollate method. *J. Shellfish Res.*, **8**: 125-131.
- Chen M. (1995) The Parasitized Location of Larval *Cercaria elegans* Tang 1992 in *Ruditapes philippinarum* and Its Histochemistry. Chinese Science Abstracts Series B14, 2 Part B, 29.
- China fishery statistical yearbook (2018) China fishery statistical yearbook
- Chung, E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Gonadal Development, Age and Growth of the Shortnecked Clam, *Ruditapes philippinaum* (Pelecypoda: Veneridae), on the Coast of Kimje, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **10**(1): 38-54.
- FAO. (2017) *Ruditapes philippinarum*. Fisheries and Aquaculture Department. [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ruditapes\\_philippinarum/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ruditapes_philippinarum/en)
- Foster, N.L. (2012) Reduced Parasitism in a Highly Invaded Estuary: San Francisco Bay University of California, Santa Barbara, ProQuest Dissertations Publishing, 3540178.
- Hong, J.-S. (2013) Biology of the mud shrimp *Upogebia major* (de Ham 1984), with particular reference to pest management for shrimp control in manila clam bed in the west coast of Korea. *Ocean polar research*, **35**(4): 323-349.
- Kevin, L.D., and Kuris A.M., (2009) Parasites reduce food web robustness because they are sensitive to secondary extinction as illustrated by an invasive estuarine snail, *Philos Trans R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, **364**(1524): 1659-1663.
- Kim, Y. G. and Chun, SK. (1981) A trematode, *Cercaria tapedis* parasitic in the Natural stock of *Tapes philippinarum*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **14**(4): 217-220.
- Ma, L.P., Zhao, F., Yao, L., Li, X.G., Zhou, D.Q., and Zhang, R.L. (2013) The presence of Genogroup II Norovirus in Retail shellfish from seven coastal cities in China. *Food and Environmental Virology*, **5**(2): 81-86.
- Meyers, T. (1984) Marine Bivalve Mollusks as Reservoirs of Viral Finfish Pathogens: Significance to Marine and Anadromous Finfish Aquaculture. *Marine Fisheries Review*, **46**(3) 14-17.
- Ministry of oceans and fisheries (MOF). (2016) <http://www.fips.go.kr/>

- Ming, H. X., Fan, J. F., Wu, L. J., and Liang, Y. B. (2013) Prevalence of human enteric viruses and a potential indicator of contamination in shellfish in China. *Journal of food Safety*, **33**(2): 209-214
- Mooney, H.A., and Cleland, E.E. (2001) "The evolutionary impact of invasive species". Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. **98** (10): 5446-51. doi:10.1073/pnas.091093398. PMC 33232 Freely accessible. PMID 11344292.
- Nam, K.W., Yang, H.S., and Park, K.I. (2013) Quantification of nitric oxide concentration in the hemocytes of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Korean Journal of Malacology*, **29**(1): 15-21
- Nam, K.W., Jeung, H.D., Song, J.H., Park, K.H., Choi, K.S., and Park, K.I. (2018) High parasite burden increases the surfacing and mortality of the manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in intertidal sandy mudflats on the west coast of Korea during hot summer. *Parasite and Vectors*, **11**: 42. doi: 10.1186/s13071-018-2620-3
- NFRDI. (2018) A Study on the Stability of Aquaculture in Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*. Report of NFRDI, pp. 80.
- Ngo, T.T.T., and Choi, K.S. (2004) Seasonal changes of Perkinsus and Cercaria infections in the Manila clam *Ruditapes philippinarum* from Jeju, Korea. *Aquaculture*, **239**: 57-68.
- Park, K.I., Choi, K.S. (1997) Report on the occurrence of *Perkinsus* sp. in the Manila clams, *Ruditapes philippinarum* in Korea. *Aquaculture*, **10**: 227-237.
- Park, K.I., Park, H.S., Kim, J.M., Park, Y.J., Hong, J.S., and Cho, K.S. (2006) Flow Cytometric Assessment of Immune Parameters of the Manila Clam (*Ruditapes philippinarum*). *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39**: 123-131
- Park, K.I., Tsutsumi, H., Hong, J.S., Choi, K.S. (2008) Pathology survey of the short-neck clam *Ruditapes philippinarum* occurring on sandy tidal flats along the coast of Ariake Bay, Kyushu, Japan. *Journal of Invertebrate Pathology*, **99**(2): 212-9.
- Park, K.I. (2013) Variation of nitric oxide concentrations in response to shaking stress in the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Korean Journal of Malacology*, **29**(1): 1-6.
- Park, J.Y., and Ahn, C.M., (2014) 바지락의 원산지를 판별하는 단일염기다형성 마커들 및 이들을 사용하는 바지락의 판별 방법. 특허청 10-2014-0068635
- Ray, S.M. (1966) A review of the culture method for detecting *Dermocystidium marinum*, with suggested modifications and precautions. *Proc. Natl. Shellfish. Assoc.* **54**: 55-69.
- Statistics Korea (KOSTAT). (2018) <http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action>.
- Wingerter, K., MuIca, B., and Miller-Morgan, T. (2013) Development of Live Shellfish Export Capacity in Oregon. Oregon Sea Grant-Aquatic Animal Health.
- Won, M.S., and Hur, S.B. (1993) Fatness Index and Spat Occurrence of the Shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Aquaculture*, **6**(3): 133-146.
- Wu, S.Q., W, C.X., L, X.M., W, Z.X., and L, X.F., (2011) Infection prevalence and phylogenetic analysis of *Perkinsus olseni* in *Ruditapes philippinarum* from East China. *Diseases of Aquatic Organisms*, **96**: 55-60.
- Yu, J.R., Chai, J.Y., and Lee, S.H. (1993) *Parvatrema timondavidi* (Digenea; Gymnophallidae) transmitted by a clam, *Tapes philippinarum*, in Korea. *Korean J. Parasitol.*, **31**: 7-12.